

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-326769

(43)Date of publication of application : 16.12.1997

(51)Int.Cl. H04B 10/152
H04B 10/142
H04B 10/04
H04B 10/06
H04B 10/02
H04B 10/18
H04N 7/22

(21)Application number : 08-176813

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 05.07.1996

(72)Inventor : KIKUSHIMA KOJI
IKEDA SATOSHI
KISHIMOTO TOMOMASA
SAKURAI HISAYA
KUMOSAKI KIYOMI
SHIBATA NOBURU

(30)Priority

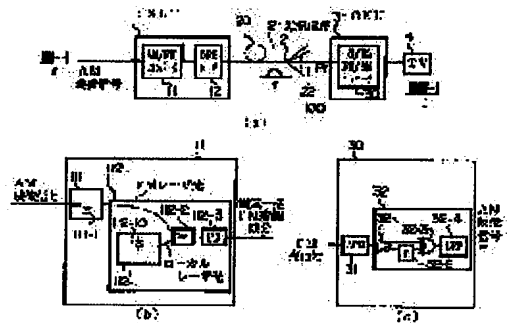
Priority number : 08 84093 Priority date : 05.04.1996 Priority country : JP

(54) MODULATION SYSTEM CONVERSION CIRCUIT AND OPTICAL SIGNAL TRANSMITTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a modulation system conversion circuit in which a frequency band is made broad and a signal with high quality and small noise is transmitted.

SOLUTION: In an AM/FM converter 11 provided with an optical frequency modulation section that receives a multi-channel AM video signal and outputs a signal light of modulating an optical frequency, an optical frequency modulation section 111 outputting a local oscillation light with an optical frequency apart by a prescribed intermediate frequency from that of the signal light, multiplexer 112-2 multiplexing a signal light and a local oscillated light, and a photoelectric converter 10-3 converting an output of the multiplexer 112-2 into an electric signal and providing an output and an optical heterodyne detection section 112 providing an output of the modulation signal obtained by frequency-converting the signal light into the intermediate frequency, a ratio PFM/PLO being a ratio of a power PFM of a signal light at the input of the photoelectric converter 112-3 to a power PLO of the local oscillated light is selected to be -8dB or over and +8dB or less.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-326769

(43)公開日 平成9年(1997)12月16日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B	10/152		H 0 4 B 9/00	L
	10/142		H 0 4 N 7/22	
	10/04		H 0 4 B 9/00	M
	10/06			
	10/02			

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平8-176813

(22)出願日 平成8年(1996)7月5日

(31)優先権主張番号 特願平8-84093

(32)優先日 平8(1996)4月5日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 菊島 浩二

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 池田 智

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 岸本 智正

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 志賀 正武

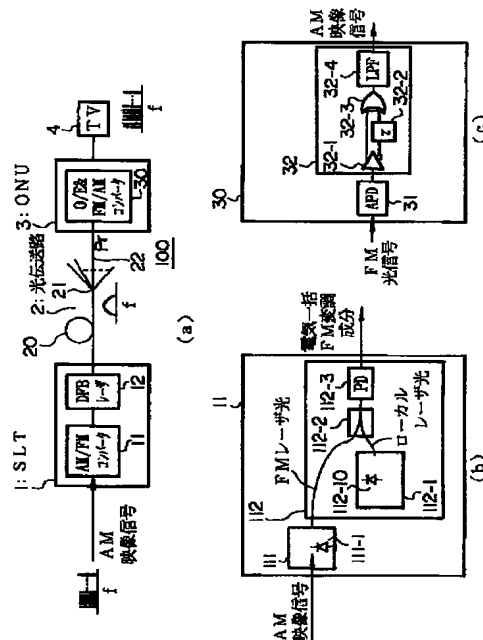
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 変調方式変換回路及び光信号伝送装置

(57)【要約】

【課題】従来に比べ周波数帯域を広帯域化し、雑音の少ない高品質な信号伝送を可能とする変調方式変換回路を提供する。

【解決手段】多チャンネルAM映像信号を入力して、光周波数変調した信号光を出力する光周波数変調部と、信号光と所定の中間周波数だけ離れた光周波数の局部発振光を出力する光周波数変調部と、信号光と局部発振光とを合波する光合波器と、光合波器の出力を電気信号に変換して出力する光電変換器とを備え、信号光を中間周波数へ周波数変換した変調信号を出力する光ヘテロダイン検波部とを備えるAM/FMコンバータ11において、光電変換器の入力における信号光のパワー P_{FM} と局部発振光のパワー P_{LO} との比 P_{FM}/P_{LO} の値を -8 dB 以上、 $+8\text{ dB}$ 以下にとなるように設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気信号を入力し、光周波数変調した信号光を出力する光周波数変調手段と、前記信号光と所定の中間周波数だけ離れた光周波数の局部発振光を出力する光周波数発振手段と、前記信号光と前記局部発振光とを合波する光合波手段と、前記光合波手段の出力を電気信号に変換して出力する光電変換手段とを備え、前記信号光を入力して前記中間周波数へ周波数変換した変調信号を出力する光ヘテロダイン検波部とを具備し、前記光電変換手段の入力における前記信号光のパワー P_{FM} と前記局部発振光のパワー P_{LO} との比 P_{FM}/P_{LO} の値を -8 dB （デシベル）以上、 $+8\text{ dB}$ 以下とすることを特徴とする変調方式変換回路。

【請求項2】 前記光周波数変調手段へ入力される電気信号を多チャンネル振幅変調映像信号とし、前記光ヘテロダイン検波部から出力される変調信号を周波数復調して得られる振幅変調映像信号のCNR（搬送波対雑音比）を 42 dB 以上とするように前記 P_{FM}/P_{LO} の値を設定することを特徴とする請求項1記載の変調方式変換回路。

【請求項3】 前記光周波数変調手段又は光ヘテロダイン検波部で発生する不要強度成分を除去する不要強度成分除去手段を備えることを特徴とする請求項1又は2記載の変調方式変換回路。

【請求項4】 電気信号を入力し、光周波数変調した信号光を出力する光周波数変調手段と、前記信号光と所定の中間周波数だけ離れた光周波数の局部発振光を出力する光周波数発振手段と、前記信号光と前記局部発振光とを合波する光合波手段と、前記光合波手段の出力を電気信号に変換して出力する光電変換手段とを備え、前記信号光を入力して前記中間周波数へ周波数変換した変調信号を出力する光ヘテロダイン検波部と、

前記光周波数変調手段又は光ヘテロダイン検波部で発生する不要強度成分を除去する不要強度成分除去手段とを備えることを特徴とする変調方式変換回路。

【請求項5】 前記不要強度成分除去手段が、前記光周波数変調手段へ入力される電気信号を分配する分配手段と、前記分配手段の出力の一つを前記光ヘテロダイン検波部の出力変調信号と逆相の関係で合波する合波手段とからなることを特徴とする請求項3又は4記載の変調方式変換回路。

【請求項6】 前記不要強度成分除去手段が、前記光ヘテロダイン検波部に備えられ、且つバランスドレシーバ構成とした2つの光電変換器からなることを特徴とする請求項3又は4記載の変調方式変換回路。

【請求項7】 前記不要強度成分除去手段が、前記光周波数変調手段へ入力される電気信号を分配する

分配手段と、

前記分配手段の一つの出力によって前記光周波数変調手段の出力信号光を強度変調する光強度変調手段とからなることを特徴とする請求項3又は4記載の変調方式変換回路。

【請求項8】 前記不要強度成分除去手段が、前記光周波数変調手段の出力信号光を2分岐する2分岐手段と、

前記2分岐手段の出力の一方を光強度変調して、光強度変調した出力を前記光ヘテロダイン検波部へ供給する光強度変調手段と、

前記2分岐手段のもう一方の出力を電気信号に変換し、変換した電気信号を前記光強度変調手段に逆相で変調信号として入力するための光電変換器とからなることを特徴とする請求項3又は4記載の変調方式変換回路。

【請求項9】 前記光ヘテロダイン検波部が出力する変調信号を周波数復調する周波数復調手段と、

前記周波数復調手段が周波数復調した信号から前記光周波数変調手段の出力信号光の光周波数ゆらぎ又は前記局部発振光の光周波数ゆらぎを抽出し、その抽出結果に応じて、前記光周波数変調手段又は前記光周波数発振手段に帰還制御を加える帰還手段を備えることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の変調方式変換回路。

【請求項10】 前記光周波数変調手段へ入力する電気信号に歪みを与えるプリディストーション回路を備えることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の変調方式変換回路。

【請求項11】 前記光周波数変調手段へ入力される電気信号にパイロット信号を重畳する合波手段と、前記光ヘテロダイン検波部から出力される変調信号から、前記合波手段へ入力される電気信号に対応する第1の成分と前記パイロット信号に対応する第2の成分をそれぞれ抽出し、各成分を混合して前記光周波数変調手段の出力信号光及び前記局部発振光のゆらぎに起因する雑音を除去する雑音除去手段とを備えることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の変調方式変換回路。

【請求項12】 電気信号を入力し、光周波数変調した信号光を出力する光周波数変調手段と、

前記信号光と所定の中間周波数だけ離れた光周波数の局部発振光を出力する光周波数発振手段と、前記信号光と前記局部発振光とを合波する光合波手段と、前記光合波手段の出力を電気信号に変換して出力する第1の光電変換手段とを備え、前記信号光を入力して前記中間周波数へ周波数変換した変調信号を出力する光ヘテロダイン検波部とからなる変調方式変換回路と、

前記変調方式変換回路の出力によって強度変調した送信光を出力する送信手段とからなる光送信装置と、光伝送路と、

10

20

30

40

50

前記光送信装置に前記光伝送路を介して接続され、第2の光電変換手段と、前記第2の光電変換手段の出力を周波数復調をする周波数復調手段とからなる光受信装置とを備える光信号伝送装置において、前記光送信装置において、前記第1の光電変換手段の入力における前記光周波数変調手段の出力信号光のパワー P_{FM} と前記局部発振光のパワー P_{LO} との比 P_{FM}/P_{LO} の値を、 -8 dB （デシベル）以上、 $+8\text{ dB}$ 以下とすることを特徴とする光信号伝送装置。

【請求項13】 前記光送信装置において、前記光ヘテロダイン検波部から出力される変調信号を周波数復調して得られる振幅変調映像信号のCNR（搬送波対雑音比）を 42 dB 以上とするように前記 P_{FM}/P_{LO} の値を設定することを特徴とする請求項12記載の光信号伝送装置。

【請求項14】 前記光周波数変調手段又は光ヘテロダイン検波部で発生する不要強度成分を除去する不要強度成分除去手段を備えることを特徴とする請求項12又は13記載の光信号伝送装置。

【請求項15】 前記光周波数変調手段へ入力する電気信号に歪みを与えるブリディストーション回路を備えることを特徴とする請求項12又は13記載の光信号伝送装置。

【請求項16】 前記光ヘテロダイン検波部が出力する変調信号を周波数復調する周波数復調手段と、前記周波数復調手段が周波数復調した信号から前記光周波数変調手段の出力信号光の光周波数ゆらぎ又は前記局部発振光の光周波数ゆらぎを抽出し、その抽出結果に応じて、前記光周波数変調手段又は前記光周波数発振手段に帰還制御を加える帰還手段を備えることを特徴とする請求項12又は13記載の光信号伝送装置。

【請求項17】 前記光周波数変調手段へ入力される電気信号にパイロット信号を重畳する合波手段と、前記光ヘテロダイン検波部から出力される変調信号から、前記合波手段へ入力される電気信号に対応する第1の成分と前記パイロット信号に対応する第2の成分をそれぞれ抽出し、各成分を混合して前記光周波数変調手段の出力信号光及び前記局部発振光のゆらぎに起因する雑音を除去する雑音除去手段とを備えることを特徴とする請求項12又は13記載の光信号伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は広帯域信号の光伝送に利用する変調方式変換回路及び光信号伝送装置に関する。さらに詳しくは、本発明は、周波数分割多重されている振幅変調された多チャンネル映像信号を光伝送するのに適し、特に、パッシブダブルスター（PDS）光加入者システムで利用するのに適した変調方式変換回路及び光信号伝送装置に関する。

【0002】

【従来の技術】現在、各国において、多チャンネル映像信号を伝送する方法として、広帯域電気信号を光信号に変換して伝送する光伝送方式の研究開発が精力的に進められている。その一つに、振幅変調されている多チャンネル映像信号の振幅に比例して半導体レーザを強度変調し、その強度変調した光信号を光伝送する方式（以下AM-TV伝送方式という）がある。AM-TV伝送方式は、ケーブルテレビの幹線系光伝送に主に用いられている。ところが、AM-TV伝送方式は、雑音耐力が小さいため、送受間レベル差を大きくとることができず、光伝送系での伝送距離及び光分岐数を大きくとることができないという課題がある。

【0003】この課題を解決するため、多チャンネル映像信号をチャンネル毎にあらかじめ周波数変調してから半導体レーザを強度変調して光伝送する方式（以下、映像チャンネル個別でのFM-TV伝送方式という）が開発された。映像チャンネル個別でのFM-TV伝送方式は、雑音耐力が大きいため、送受間レベル差の大きな光伝送系において伝送距離及び光分岐数を大きくとることが可能である。しかしながら、この方式では、チャンネルを選択してから復調しなければならず、チャンネル選択回路が広帯域で複雑なものとなるため、受信器が高価になってしまうという課題があった。

【0004】一方、これらと異なるものとして、多チャンネル映像信号を多チャンネルのまま一括して周波数変調してから半導体レーザを強度変調し、その変調信号光を光伝送し、受信側で一括して多チャンネル映像信号に復調する方式（以下一括FM-TV伝送方式という）が研究開発された。一括FM-TV伝送方式は、雑音耐力が大きいため、送受間レベル差が大きい光伝送系において伝送距離及び光分岐数を大きくとることが可能である。しかも、光伝送される信号は広帯域ではあるが、高速ICを用いることにより簡単な回路で復調でき、復調した信号からはケーブルテレビ用の汎用のチューナによってチャンネル選択できるので、受信器は安価に構成することができる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、多チャンネル映像信号を一括して周波数変調する変調器は、従来、電圧制御発振器（以下、VCOと記す）を用いて構成されているため、VCOの入力周波数の帯域制限により変調することができる周波数帯域に限度がある。一般にVCOの入力インピーダンスは高周波において大きくなるので、VCOへ入力できる電気信号はおおよそ200MHzが限界である。テレビ放送の伝送に使用可能な周波数帯域の下限はラジオ放送の周波数（例えば90MHz）によって制限されるため、VCOを使用する場合には、90～200MHz程度の帯域がテレビ放送の伝送のために使用できる周波数帯域となる。例えば、テレビ放送の1チャンネル当たりの伝送に必要な伝送帯域幅を6MHzとすると、V

COを使用する場合には同時に伝送できる映像チャンネルの数が20チャンネル程度となる。さらに、広い周波数帯域に渡って線形性を維持するVCOを作製することは困難であるという作製上の問題もある。

【0006】この発明は、このような背景の下になされたもので、周波数帯域を従来に比べ広帯域化でき、歪みや雑音の少ない高品質な信号伝送を可能とする変調方式変換回路及びそれを用いた光信号伝送装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1記載の発明は、電気信号を入力し、光周波数変調した信号光を出力する光周波数変調手段と、前記信号光と所定の中間周波数だけ離れた光周波数の局部発振光を出力する光周波数発振手段と、前記信号光と前記局部発振光とを合波する光合波手段と、前記光合波手段の出力を電気信号に変換して出力する光電変換手段とを備え、前記信号光を入力して前記中間周波数へ周波数変換した変調信号を出力する光ヘテロダイン検波部とを具備し、前記光電変換手段の入力における前記信号光のパワー P_{FM} と前記局部発振光のパワー P_{LO} との比 P_{FM}/P_{LO} の値を-8dB(デシベル)以上、+8dB以下とすることを特徴とする変調方式変換回路である。

【0008】また、請求項2記載の発明は、前記光周波数変調手段へ入力される電気信号を多チャンネル振幅変調映像信号とし、前記光ヘテロダイン検波部から出力される変調信号を周波数復調して得られる振幅変調映像信号のCNR(搬送波対雑音比)を42dB以上とするように前記 P_{FM}/P_{LO} の値を設定することを特徴とする請求項1記載の変調方式変換回路である。

【0009】また、請求項3記載の発明は、前記光周波数変調手段又は光ヘテロダイン検波部で発生する不要強度成分を除去する不要強度成分除去手段を備えることを特徴とする請求項1又は2記載の変調方式変換回路である。

【0010】また、請求項4記載の発明は、電気信号を入力し、光周波数変調した信号光を出力する光周波数変調手段と、前記信号光と所定の中間周波数だけ離れた光周波数の局部発振光を出力する光周波数発振手段と、前記信号光と前記局部発振光とを合波する光合波手段と、前記光合波手段の出力を電気信号に変換して出力する光電変換手段とを備え、前記信号光を入力して前記中間周波数へ周波数変換した変調信号を出力する光ヘテロダイン検波部と、前記光周波数変調手段又は光ヘテロダイン検波部で発生する不要強度成分を除去する不要強度成分除去手段とを備えることを特徴とする変調方式変換回路である。

【0011】また、請求項5記載の発明は、前記不要強度成分除去手段が、前記光周波数変調手段へ入力される電気信号を分配する分配手段と、前記分配手段の出力の

一つを前記光ヘテロダイン検波部の出力変調信号と逆相の関係で合波する合波手段とからなることを特徴とする請求項3又は4記載の変調方式変換回路である。

【0012】また、請求項6記載の発明は、前記不要強度成分除去手段が、前記光ヘテロダイン検波部に備えられ、且つバランストレーバ構成とした2つの光電変換器からなることを特徴とする請求項3又は4記載の変調方式変換回路である。

【0013】また、請求項7記載の発明は、前記不要強度成分除去手段が、前記光周波数変調手段へ入力される電気信号を分配する分配手段と、前記分配手段の一つの出力によって前記光周波数変調手段の出力信号光を強度変調する光強度変調手段とからなることを特徴とする請求項3又は4記載の変調方式変換回路である。

【0014】また、請求項8記載の発明は、前記不要強度成分除去手段が、前記光周波数変調手段の出力信号光を2分岐する2分岐手段と、前記2分岐手段の出力の一方を光強度変調して、光強度変調した出力を前記光ヘテロダイン検波部へ供給する光強度変調手段と、前記2分岐手段のもう一方の出力を電気信号に変換し、変換した電気信号を前記光強度変調手段に逆相で変調信号として入力するための光電変換器とからなることを特徴とする請求項3又は4記載の変調方式変換回路である。

【0015】また、請求項9記載の発明は、前記光ヘテロダイン検波部が出力する変調信号を周波数復調する周波数復調手段と、前記周波数復調手段が周波数復調した信号から前記光周波数変調手段の出力信号光の光周波数ゆらぎ又は前記局部発振光の光周波数ゆらぎを抽出し、その抽出結果に応じて、前記光周波数変調手段又は前記光周波数発振手段に帰還制御を加える帰還手段を備えることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の変調方式変換回路である。

【0016】また、請求項10記載の発明は、前記光周波数変調手段へ入力する電気信号に歪みを与えるブリッジーション回路を備えることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の変調方式変換回路である。

【0017】また、請求項11記載の発明は、前記光周波数変調手段へ入力される電気信号にパイロット信号を重畳する合波手段と、前記光ヘテロダイン検波部から出力される変調信号から、前記合波手段へ入力される電気信号に対応する第1の成分と前記パイロット信号に対応する第2の成分をそれぞれ抽出し、各成分を混合して前記光周波数変調手段の出力信号光及び前記局部発振光のゆらぎに起因する雑音を除去する雑音除去手段とを備えることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の変調方式変換回路である。

【0018】また、請求項12記載の発明は、電気信号を入力し、光周波数変調した信号光を出力する光周波数変調手段と、前記信号光と所定の中間周波数だけ離れた光周波数の局部発振光を出力する光周波数発振手段と、

前記信号光と前記局部発振光とを合波する光合波手段と、前記光合波手段の出力を電気信号に変換して出力する第1の光電変換手段とを備え、前記信号光を入力して前記中間周波数へ周波数変換した変調信号を出力する光ヘテロダイン検波部とからなる変調方式変換回路と、前記変調方式変換回路の出力によって強度変調した送信光を出力する送信手段とからなる光送信装置と、光伝送路と、前記光送信装置に前記光伝送路を介して接続され、第2の光電変換手段と、前記第2の光電変換手段の出力を周波数復調する周波数復調手段とからなる光受信装置とを備える光信号伝送装置において、前記光送信装置において、前記第1の光電変換手段の入力における前記光周波数変調手段の出力信号光の電力 P_{FM} と前記局部発振光の電力 P_{LO} との比 P_{FM}/P_{LO} の値を、 -8 dB （デシベル）以上、 $+8\text{ dB}$ 以下とすることを特徴とする光信号伝送装置である。

【0019】また、請求項13記載の発明は、前記光送信装置において、前記光ヘテロダイン検波部から出力される変調信号を周波数復調して得られる振幅変調映像信号のCNR（搬送波対雑音比）を 42 dB 以上とするように前記 P_{FM}/P_{LO} の値を設定することを特徴とする請求項12記載の光信号伝送装置である。

【0020】また、請求項14記載の発明は、前記光周波数変調手段又は光ヘテロダイン検波部で発生する不要強度成分を除去する不要強度成分除去手段を備えることを特徴とする請求項12又は13記載の光信号伝送装置である。

【0021】また、請求項15記載の発明は、前記光周波数変調手段へ入力する電気信号に歪みを与えるブリディストーション回路を備えることを特徴とする請求項12又は13記載の光信号伝送装置である。

【0022】また、請求項16記載の発明は、前記光ヘテロダイン検波部が出力する変調信号を周波数復調する周波数復調手段と、前記周波数復調手段が周波数復調した信号から前記光周波数変調手段の出力信号光の光周波数ゆらぎ又は前記局部発振光の光周波数ゆらぎを抽出し、その抽出結果に応じて、前記光周波数変調手段又は前記光周波数発振手段に帰還制御を加える帰還手段を備えることを特徴とする請求項12又は13記載の光信号伝送装置である。

【0023】また、請求項17記載の発明は、前記光周波数変調手段へ入力される電気信号にパイロット信号を重畳する合波手段と、前記光ヘテロダイン検波部から出力される変調信号から、前記合波手段へ入力される電気信号に対応する第1の成分と前記パイロット信号に対応する第2の成分をそれぞれ抽出し、各成分を混合して前記光周波数変調手段の出力信号光及び前記局部発振光のゆらぎに起因する雑音を除去する雑音除去手段とを備えることを特徴とする請求項12又は13記載の光信号伝送装置である。

【0024】

【発明の実施の形態】本発明が適用される光信号伝送装置は、図1(a)～図1(c)にその一構成例を示すように、広帯域AM入力信号で変調された半導体FMレーザの光FM変調成分を光ヘテロダイン検波により電気FM変調成分として抽出して、送信用光源を強度変調し光伝送路に送信する。図1(a)は光信号伝送装置100の全体構成を示すブロック図である。光信号伝送装置100は、SLT（加入者線端末）1、光伝送路2、ONU（光網終端装置）3、及びテレビ受像機4から構成されている。ただし、ONU3から出力されるAM映像信号を受信するテレビ受像機4は、例えば受信部を有するビデオテーブルコード等の機器に置き換えることが可能である。さらに、テレビ受像機4を含まない構成も、本発明による光信号伝送装置の一態様として考えることができる。なお、このような光信号伝送装置の概要は、本出願の発明者による“Optical Super Wide-Band FM Modulation Scheme and Its Application to Multi-Channel AM Video Transmission Systems”, International Conference on Integrated Optics and Optical Fibre Communication, IOOC-95, June26-30, 1995, Technical Digest, volume 5 - Postdeadline Papersに記載されている。

【0025】図1(a)に示すSLT1は、AM/FM（振幅変調/周波数変調）コンバータ11とDFB（分布帰還）レーザ12から構成されている。SLT1は、周波数分割多重された多チャンネルのAM映像信号を入力し、一括してFM映像信号に変換し、変換した多チャンネル映像信号によって強度変調された光伝送信号として光伝送路2上へ送信する。光伝送路2は、光ファイバ20、光スターカブラ21、光スターカブラ21の分岐出力に接続された複数の光ファイバ22を用い、1対多数の通信を可能にするバッシュダブルスター（PDS）方式によって光信号を送信する。ONU3は、光電変換及びFM/AMコンバータ30によって、光伝送路2を介して伝送されてきた光伝送信号を受信して、光電変換し、AM映像信号に復調して出力する。テレビ受像機4は、ONU3から出力されるAM映像信号を受信し、複数チャンネルの中からユーザーによって選択された任意のチャンネルの映像を映し出す。

【0026】図1(b)は、図1(a)に示すAM/FMコンバータ11の内部構成を示すブロック図である。AM/FMコンバータ11は光周波数変調部111と光ヘテロダイン検波部112から構成されている。光周波数変調部111は半導体FMレーザ111-1を含んでいる。光ヘテロダイン検波部112は半導体ローカルレーザ112-10からなる光周波数局部発振器112-1と光合波器112-2とPD（フォトダイオード）からなる光電変換器112-3を備えている。一方、光電変換及びFM/AMコンバータ30は、図1(c)に示すようにAPD（アバランシュフォトダイオード）からなる光電変換器31とFM復調部32から構成されている。

FM復調部32は、反転非反転増幅器32-1、遅延線32-2、排他的論理和回路32-3、及びローパスフィルタ32-4を用い、光電変換器31で電気信号に変換したFM電気信号を遅延検波によってAM電気信号に復調する。

【0027】以上の構成によって、図1に示す光信号伝送装置は、周波数分割多重された多チャンネルのAM映像信号をSLT1へ入力し、この入力信号によって半導体FMレーザ111-1をFM変調する。光ヘテロダイン検波部112は、光周波数局発振器112-1と光合波器112-2を用い光ヘテロダイン検波技術によって広帯域AM入力信号で変調された半導体FMレーザ111-1の出力から光周波数変調成分を得て、さらに光電変換器112-3で光電変換して、電気一括FM変調成分を抽出する。DFBレーザ12を用いた送信用光源は、光電変換器112-3から出力される電気一括FM変調成分によって強度変調され、強度変調された光信号が光伝送路2へ送信される。一方、受信側では、ONU3において、光伝送路2を介して伝送されてきた光伝送信号を光電変換器31で受信して光電変換する。そして、FM復調部32において遅延検波によりAM映像信号に復調する。

【0028】図2(a)に光ヘテロダイン検波部112の出力として得られる電気一括FM変調成分のスペクトルの一例を、図2(b)にFM復調部32によって一括して復調される復調多チャンネルAM映像信号のスペクトルを示す。図2(a)は、電気一括FM変調成分のスペクトルの中心周波数、すなわち中間周波数は1.75GHzの場合を示している。図2(b)は、40チャンネルのAM映像信号を復調する場合を示している。

【0029】図1(a)~1(c)に示す構成の光信号伝送装置をケーブルテレビシステムに应用する場合、数十チャンネルのAM映像信号を一括してひとつのFM信号に変換し、これを光伝送路に送出し、受信側でこのFM伝送信号を遅延検波等によって一括して多チャンネルAM映像信号に復調することが可能となる。すなわち、以上の構成によれば、従来VCOを利用した一括FM-TV伝送方式では実現することが困難であった広周波数帯域の信号伝送が可能となる。しかしながら、上述した光信号伝送装置を実用するに当たっては、雑音を減少させ、高品質な信号伝送を可能とするため、以上の構成に加えて、さらに以下に説明する本発明による各構成を採用することが望まれる。

【0030】図1(a)及び図1(c)に示す構成が含まれる一括FM-TV伝送方式においては、ONU3内の光電変換及びFM/AMコンバータ30の出力端子（すなわち、FM復調部32の出力端子）における出力信号をAM映像信号に復調したときに得られるCNR（Carrier to Noise Ratio：搬送波対雑音比）の値が、伝送するチャンネル数に依存することが分かっている。つまりCNRはチャンネル数を減らすことによって改善することが可能である。しかし、CNRの改善を目的としてチャンネル数

を減らした場合には、上記の構成によって得られる広周波数帯域の信号伝送という作用効果が十分に生かされなくなってしまう。そのため、チャンネル数を減らすことなくCNRの改善ができる技術が望まれていた。これに対して本発明は、チャンネル数を減らすことなくCNRを改善することができる変調方式変換回路及び光信号伝送装置を提供することを詳細な目的とし、そのための構成を提供するものである。

【0031】図3(a)及び図3(b)は、図1(b)に示す光ヘテロダイン検波部112において光電変換器112-3へ入力される信号光（FMレーザ光）のパワー P_{FM} と光周波数局発振器112-1から出力される局発振光（ローカルレーザ光）のパワー P_{LO} との比 P_{FM}/P_{LO} と、AM/FMコンバータ11の出力端子において変調信号をAM映像信号に復調したときのCNRの関係を示す。ここで、図3(a)はFM信号スペクトルの中心周波数すなわち中間周波数が2.75GHzの場合の測定値を示し、図3(b)は3.85GHzの場合の測定値を示す。どちらも20チャンネルの伝送特性である。また、1チャンネル当たりの周波数偏移 Δf は中間周波数が2.75GHzと3.85GHzのときに、それぞれ220MHz_{0.5}/ch、280MHz_{0.5}/chである。

【0032】これらの図に示すように、AM映像信号のCNRは、FMレーザ光のパワー P_{FM} とローカルレーザ光のパワー P_{LO} の比 P_{FM}/P_{LO} の値に依存して変化する。さらに、CNRとパワー比 P_{FM}/P_{LO} の関係は中間周波数の大きさによって変化する。また、図3(a)、図3(b)から、CNRが最大となるのは、光パワー比が0dB近傍であることがわかる。したがって、パワー P_{FM} とパワー P_{LO} の比 P_{FM}/P_{LO} を所望の範囲に制御することで、所望のCNRを得ることが可能となる。

【0033】ところで、現在、CNRに関する同軸CATVでの伝送品質の規格は42dB以上となっている。また、実際にパワー比 P_{FM}/P_{LO} を制御するに当たっては、FMレーザ光のパワー P_{FM} とローカルレーザ光のパワー P_{LO} それぞれについて設計値に対しての初期製造偏差を±4dB程度見込む必要がある。したがって、これらの条件を考慮し、図3(a)及び図3(b)に示す特性に基づいて考えると、安定した品質でかつ伝送品質の規格42dB以上を満足するCNRの特性を得るためには、 P_{FM}/P_{LO} の比を $-8 < P_{FM}/P_{LO} < 8$ [dB]に制御することが望ましい。

【0034】次に、図1(a)及び図1(b)に示す光信号伝送装置のAM/FMコンバータ11の本発明による他の実施形態を、図2(a)並びに図4~図8を参照して説明する。上述した図1(b)に示す光周波数変調部111では、半導体レーザによって構成されるFMレーザ111-1の注入電流を入力信号に応じて変化させることによって出力するFMレーザ光に光周波数変調をかけている。しかしながら、この場合、FMレーザ光には注入電流の変化によって光強度変調もかかってしまうので、光ヘテロダイン出力に

は、図2(a)の電気一括FM変調信号スペクトルに示すようにFM成分だけでなく、同時にAM変調成分が混在することになる。一方、FM変調成分については、そのスペクトルが中間周波数（図2(a)の例では1.75GHz）を中心に対称形になるのが理想的なFM変調である。しかし、実際にはFMレーザ光には周波数変調だけでなく強度変調が同時にかかってしまうので、スペクトルは非対称になる。また、FMレーザ光あるいはローカルレーザ光の振幅にはゆらぎがあり、これらはFM復調部32によって復調すると歪みや雑音になるため、映像品質が劣化させる原因となる恐れがある。また、FMレーザ光の光周波数のゆらぎやローカルレーザ光の光周波数のゆらぎも、FM復調部32により復調するとやはり雑音になるため、映像品質が劣化する原因となる恐れがある。そこで以下に示す本発明による実施形態は、その対策を図り、さらに歪みや雑音の少ない高品質な信号伝送を可能とするものである。

【0035】図4は、図1(a)に示すAM/FMコンバータ11の本発明による他の実施形態を示す。図4において、図1(a)又は図1(b)に示す構成と同一のものには同一の符号を付けている。なお、下記に示す他の実施形態においても同様に同一の構成には同一の符号を付ける。この図に示すAM/FMコンバータ11Bは、入力AM映像信号の位相を 180° 異ならせて分配する差動分配器11B-1と、差動分配器11B-1の2つの出力のうち一方の電気信号を入力してその振幅を調整する振幅調整器11B-2と、振幅調整器11B-2の出力電気信号に遅延を与える遅延時間調整器11B-3と、遅延時間調整器11B-3の出力電気信号と、差動分配器11B-1の他方の出力に基づく電気一括FM変調成分とを同相で合成する同相合成器11B-4を新たに備えている。AM/FMコンバータ11Bでは、AM映像信号を差動分配器11B-1によって位相を 0° と 180° の逆相の関係で分配し、一方の出力（位相： 0° ）をFMレーザ111-1に投入し、その出力を光ヘテロダイン検波部112へ供給する。光ヘテロダイン検波部112は、入力された光信号を光ヘテロダイン検波して、さらにPD112-3によって電気信号に変換して周波数変調信号を出力する。

PD112-3から出力される電気信号と、差動分配器11B-1のもう一方の出力（位相： 180° ）に基づく電気信号は、同相合成器11B-4によって同相合成される。このとき位相 180° 側から同相合成器11B-4に投入される電気信号は、光周波数変調信号光のAM変調成分と同量の振幅で逆相になるように、振幅調整器11B-2で振幅調整され、さらに遅延時間調整器11B-3によって遅延時間調整される。したがって、同相合成器11B-4の各入力信号は、同相合成器11B-4において各々のAM変調成分を相殺する。PD112-3の出力のスペクトルを図中(1)に、遅延時間調整器11B-3の出力のスペクトルを図中(2)に示した。なお、ここでは、逆相成分を分配して同相合成を行う構成を示したが、同相で分配し、差動合成を行う構成に

更することもできる。この変更は、後で述べる図7や図11に示す実施形態においても同様に可能である。

【0036】ここで、図5(a)及び図5(b)を参照して、図4に示すAM/FMコンバータ11Bにおける光電変換器112-3へ入力される信号光（FMレーザ光）のパワー P_{FM} とローカルレーザ光のパワー P_{LO} との比 P_{FM}/P_{LO} と、同相合成器11B-4の出力端子において電気一括変換FM信号を復調したときのAM映像信号の複合2次歪み（CSO：Composite Second-Order Distortion）及び複合3次歪み（CTB：Composite Triple Beat Distortion）の関係について説明する。

【0037】図5(a)はFM信号スペクトルの中心周波数すなわち中間周波数が2.75GHzの場合の測定値、図5(b)は3.85GHzの場合の測定値をそれぞれ示している。そして、どちらの図も20チャンネルの伝送特性を示している。図5(a)、5(b)において、実線で示す特性が図1(b)に示すAM/FMコンバータ11の特性であり、破線で示す特性が図4に示すAM/FMコンバータ11Bの特性である。なお、1チャンネル当たりの周波数偏移 Δf は中間周波数が2.75GHzと3.85GHzのとき、それぞれ、 $220\text{MHz}_{\text{rms}}/\text{ch}$ と $280\text{MHz}_{\text{rms}}/\text{ch}$ である。このように、図4に示す構成によれば、AM成分を除去することによって、図5(a)に示す場合では矢印で示すように P_{FM}/P_{LO} の値を変えないままCSOを改善することができる。また、図5(b)の場合は矢印で示すように P_{FM}/P_{LO} の値を変えないまま、CSOとCTBの両方を改善することができる。したがって、AM成分除去と上述した光パワー比の所定範囲の制御を適用することによって、CNRと歪み（CSO、CTB）の両方を改善することが可能である。

【0038】図6は、図4を参照して説明したAM/FMコンバータ11Bと同様にAM成分除去するための実施形態の他の構成を示すブロック図である。図6に示すAM/FMコンバータ11Cでは、バランスドレシーバ構成とした光電変換器112C-3を用いて光ヘテロダイン検波部112Cを構成している。光ヘテロダイン検波部112Cでは、特性の一致した2つのPDから光電変換器112C-3が構成されていて、また、光合波器112-2から2つのPDまでの光路長は一致している。この場合、光電変換器112C-3では、強度変調成分が同相で受信され、周波数変調成分が逆相で受信される。2つのPDのそれぞれの極性が互いに逆になるように光電変換器112C-3が構成されているため、そこでは強度変調成分が相殺され、周波数変調成分が足し合わされる。

【0039】この場合、バランスドレシーバ構成とすることの特長の1つは、FMレーザ光の強度変調成分と強度ゆらぎだけでなく、ローカルレーザ光の強度変調成分と強度ゆらぎをも相殺することができる点である。もう1つの特長は、例えば方向性結合器からなる光合波器112-2の出力を2つとも利用していることである。これによれば、上述したように周波数変調成分が足し合わされ

るので、光パワーを有効に利用することができる。なお、バランスドレシーバについては、例えば次の参考文献Kiyoshi Nosu, Katsushi Iwashita, Nori Shibata, Masao Kawachi, Hiromu Toba, Osamu Ishida, Takeshi Ito, and Kyo Inoue, "Coherent Lightwave Communications Technology", pp.76-79, Chapman & Hall, London, 1995に詳しく説明されている。

【0040】図4の構成と図6の構成を比べると、図4の構成は、バランスドレシーバを用いた図6の構成に比べて、安価であるという長所がある。というのも用いている差動分配器11B-1、振幅調整器11B-2、及び遅延時間調整器11B-3は、すべて多チャンネル映像信号の周波数、例えば0MHz以上、350MHz以下で動作すれば良く、用いられる電子部品が安価であるからである。唯一安価ではないのは、高周波（一括FM信号の周波数）となる同相合成器11B-4であるが、バランスドレシーバに比べればやはり安価である。一方、バランスドレシーバは高周波で動作する光電変換器(PD)が2つ必要なので、図4に示す構成と比較すると高価になる。従来の光信号伝送システムにおいては、通常、光送信部(図1(a)に示すSLT1に対応する構成)と光受信部(図1(a)に示すONU3に対応する構成)は、長い光伝送路をはさんで離れて設置されている。このような構成では、光受信部において長い光伝送路を通過してきた光信号のみを用いて光ヘテロダイン検波を行うことが望ましい。バランスドレシーバは、このような構成において、高品質な復調信号を得るために用いられている。

【0041】これに対して、図4の構成は、光電変換器112-3の出力と、FMレーザ111-1の変調信号に基づく電気信号とを利用してAM成分除去する。従来の構成において、この構成を採用しようとする場合、AM変調成分用の信号伝送路を別に敷設する必要があったり、受信部に新たな装置を設置する必要が生じてしまう。本発明による図4に示すAM/FMコンバータ11Bの構成では、FMレーザ111-1と光ヘテロダイン検波部112を構成する各構成要素112-10, 112-2, 112-3のすべてが送信側のSLT1内に設置され、至近距離にあるので、FMレーザ111-1への入力を分配した電気信号と光ヘテロダイン検波部112の出力電気信号を簡易な構成で合成することが可能である。そのため、従来の構成では困難であった、バランスドレシーバを用いた構成より安価であるという長所を生かすことが可能である。

【0042】一方、図6に示したバランスドレシーバを用いる構成の長所は、相殺できる強度成分がFMレーザのものだけでなく、ローカルレーザのものも含むことができる点である。ただし、この点については、FMレーザ111-1とPD112-3の間の距離が比較的、短い場合には、図4のような構成においても、局部発振光パワー(ローカルレーザ112-2の出力)を低くすることができるので、ローカルレーザ光の強度ゆらぎの影響を小さく

することでバランスドレシーバを用いる場合と同様の特性を得ることが期待できる。

【0043】次に図7を参照して図4に示すAM/FMコンバータ11Bの他の変形例について説明する。図7に示すAM/FMコンバータ11Dは、図4に示すAM/FMコンバータ11Bが備える差動分配器11B-1、振幅調整器11B-2、遅延時間調整器11B-3、及び光ヘテロダイン検波部112の各構成に加え、新たに遅延時間調整器11B-3の出力によってFMレーザ光を光強度変調する光強度変調器11C-6を有している。この実施形態では、FMレーザ111-1の入力を差動分配器11B-1で0°と180°に2分岐しておき、180°側の信号を使って0°側の光信号を強度変調し、AM変調成分を相殺する。

【0044】図8は、図4に示すAM/FMコンバータ11Bの他の変形例を示すブロック図である。図8に示すAM/FMコンバータ11Eには、FMレーザ111-1の出力を2分岐する光分岐器11C-1、光分岐器11C-1の一方の出力光を電気信号に変換するPD11C-2、その出力電気信号の振幅及び遅延時間を調整する振幅調節器11C-3及び遅延時間調整器11C-4、遅延時間調整器11C-4の出力を反転する位相反転器11C-5、ならびに光分岐器11C-1のもう一方の出力光を位相反転器11C-5の出力で光強度変調する光強度変調器11C-6が新たに設けられている。そして、AM/FMコンバータ11Eでは、光強度変調器11C-6の出力光を光ヘテロダイン検波部112で検波して電気一括FM変調成分を得ている。

【0045】図8に示すAM/FMコンバータ11Eでは、FMレーザ111-1において入力AM映像信号によって変調された光周波数変調信号光を光分岐器11C-1で2分岐し、一方を光強度変調器11C-6に投入し、もう一方をPD11C-2によって電気信号に変換した後、最終的に光強度変調器11C-6に逆相で入力して光分岐器11C-1の他の出力光を強度変調することによって、光強度変調器11C-6の出力光のAM変調成分を相殺する。この場合、振幅調整器11C-3と遅延時間調整器11C-4では、AM変調成分が相殺され、かつFM変調成分のスペクトルが中間周波数を中心にしてできる限り対称形となるように、光強度変調器11C-6に投入される電気信号の振幅と位相が調整される。図7及び図8に示す実施形態では、図6に示すバランスドレシーバを用いた構成や図4に示す実施形態のようにPDを用いて光電変換した出力でAM変調成分を相殺しているのと違い、FMレーザ111-1からの送出された光信号の状態AM変調成分を相殺する。バランスドレシーバを用いた構成や図4に示した構成の場合には、中間周波数に含まれるAM変調成分や強度ゆらぎを相殺することができない。これに対して、図7及び図8の構成では、光の段階でAM変調成分を相殺しているので、PDの出力のすべての周波数にわたってAM変調成分やFMレーザの強度ゆらぎを相殺することができる。ただし、図7及び図8の構成は、部品点数が増加するので、高価

になる傾向があることと、ローカルレーザ112-10の局部発振光の強度ゆらぎが相殺できないので、この点については例えば図6に示す実施形態の方が優れているといえることができる。

【0046】なお、図8に示す実施形態では、位相反転器11C-5を用いているが、PD11C-2の極性によって反転させることができるので、そのようにした場合には位相反転器11C-5を省略することができる。このことはあとから述べる図13に示す実施形態でも同様である。

【0047】図9及び図10は、本発明による光信号伝送装置の他の実施形態を示すブロック図である。図9及び図10に示す実施形態では、広帯域AM入力信号にパイロット信号を重畳してから半導体FMレーザを変調する。そして、光ヘテロダイン検波によって得られたFM変調信号とパイロット信号を、2つのバンドパスフィルタ11E-1及び11E-2によって抽出し、さらに周波数混合器11E-3によって周波数混合する。これによって、実施形態によれば、半導体FMレーザの周波数のゆらぎ成分と局部発振レーザの周波数ゆらぎ成分に起因する雑音を除去することができる。図9に示す光信号伝送装置101には、図1に示す光信号伝送装置100と比較して、AM映像信号に周波数が異なるパイロット信号を周波数多重する合波器5が新たに設けられている。この合波器5の出力はSLT1Fへ入力される。なお、パイロット信号を用いることによるゆらぎ成分の相殺については、次の参考文献で提唱されたものである〔参考文献：Y.H.Cheng, T.Okoshi, "Phase-noise-cancelling dual-frequency heterodyne optical fibre communication system", Electronics Letter, vol.25, no.13, pp.835-836, 1989.〕。

【0048】ここで、AM/FMコンバータ11Kの動作の詳細を図14を用いて説明する。図14は、図10ならびに後述する図11、図12及び図13に示す各実施形態における各部(A)から(G)におけるスペクトルを示している。図9において、合波器5はAM映像信号にパイロット信号を周波数多重する。ここでは、一例として、合波器5の出力(A)として、周波数90MHz〜450MHzのAM映像信号と周波数 $f_p = 2.1\text{GHz}$ のパイロット信号が周波数多重された電気信号が得られるものと仮定する(図14の(A))。図10に示す光周波数変調部111は、合波器5から入力される電気信号(A)に応じた注入電流によってFMレーザ111-1を光FM変調し、例えば、中心周波数 f_1 を193,006.1GHzとする光周波数変調信号を出力する(図14の(B))。光周波数変調部111の出力(B)には、FM変調信号の中間周波数 f_1 に対してFMレーザ111-1によるゆらぎ Δf_1 が発生した周波数成分と、また、同じようにゆらぎ Δf_1 を有するパイロット信号の周波数成分 $f_1 \pm f_p$ (193,004.0GHz及び193,008.2GHz)を含む光信号が現れる。

【0049】光ヘテロダイン検波部112は、光周波数変調部111からの光周波数変調信号光(B)を入力として、図14の(C)に示す光周波数局部発振器112-1からの局部発振

光(C)(ここでは局部発振光周波数 $f_2 = 193,000\text{GHz}$ とする)を用いて光ヘテロダイン検波を行い、検波した電気信号を光電変換器112-3から出力する。図14の(D)は、光電変換器112-3から出力される電気FM一括変調成分(D)のスペクトルを示す。光周波数局部発振器112-1の出力はローカルレーザ112-10の局部発振光であり、発振周波数 f_2 がゆらぎ成分 Δf_2 でゆらいだものとなっているので、電気FM一括変調成分(D)は、その中心周波数をFMレーザ111-1の中心発振周波数 f_1 から局部発振周波数 f_2 を引いた $f_1 - f_2$ として、さらにゆらぎ $\Delta f (= \Delta f_1 + \Delta f_2)$ でゆらいだものとなる。また、電気FM一括変調成分(D)は、同時に、パイロット信号による $f_1 - f_2 \pm f_p$ の周波数成分を含んでいる。この場合、電気FM一括変調成分(D)は、中心周波数 $f_1 - f_2 = 6.1\text{GHz}$ とパイロット信号による $f_1 - f_2 \pm f_p = 8.2\text{GHz}$ 、 4.0GHz の各周波数成分を含んだ信号となる。

【0050】光周波数変調信号光(B)と局部発振光(C)の光周波数のゆらぎはそのまま電気信号(D)のゆらぎに変換される。また、一括FM変調成分の電気周波数のゆらぎとパイロット信号の電気周波数のゆらぎは同一($\Delta f = \Delta f_1 + \Delta f_2$)になる。一括FM変調成分(D)とパイロット信号の一周波数成分を、バンドパスフィルタ11E-1、11E-2を用いてそれぞれ取り出した結果が図14の(E)及び(F)である。これらを周波数混合器11E-3によって周波数混合すると、周波数混合器11E-3からは、ゆらぎ成分が相殺された中心周波数をパイロット信号の周波数 f_p とする電気信号(G)を取り出すことができる(図14の(G))。

【0051】図11は、図9に示すSLT1F内のAM/FMコンバータ11Kの別の構成を示すブロック図である。AM/FMコンバータ11Fでは、AM映像入力信号にパイロット信号を重畳した信号を差動分配器11B-1によって、位相を 0° と 180° の逆相の関係で分配し、その一方の出力(位相; 0°)を光周波数変調部111に入力し、光ヘテロダイン検波部112から出力される電気信号と差動分配器11B-1のもう一方の出力(位相; 180°)を同相合成器11B-4によって同相合成する。同相合成された出力は、2分岐され、2つのバンドパスフィルタ11E-1及び11E-2によってFM信号変調成分とパイロット信号にそれぞれ分離される。分離されたこれら2つの電気信号は、周波数混合器11E-3内の乗算器によって周波数混合される。上述したように、周波数混合を行うことによって、光周波数変調信号光と局部発振光の光周波数のゆらぎを相殺する。図11に示すAM/FMコンバータ11Fによれば、パイロット信号を用いることによるゆらぎ成分の除去効果と、図4に示した実施形態と同様のAM変調成分の相殺の効果を合わせて得ることができる。

【0052】図12は、図9に示すAM/FMコンバータ11Kの他の実施形態を示す図である。図12に示すAM/FMコンバータ11Gは、図6に示すAM/FMコンバータ11

Cと同様に構成されている光周波数変調部111と光ヘテロダイン検波部112Cを備え、新たにFM変調信号成分を抽出するためのバンドパスフィルタ11E-1とパイロット信号を抽出するためのバンドパスフィルタ11E-2とそれらの出力を混合する周波数混合器11E-3を設けたものである。AM/FMコンバータ11Gでは、AM映像入力信号にパイロット信号を重畳した電気信号でFMレーザ111-1を変調する。そして、バランスドレシーバ112C-3によってFMレーザ111-1の出力光を光ヘテロダイン検波し、その検波出力を2分岐して2つのバンドパスフィルタ11E-1及び11E-2に入力し、FM信号変調成分とパイロット信号に分離する。さらに分離したこれら2つの電気信号を周波数混合器11E-3によって周波数混合し、光周波数変調信号光と局部発振光の光周波数のゆらぎを相殺する。この図に示す実施形態によれば、パイロット信号を用いることによるゆらぎ成分の除去効果と、図6に示した実施形態と同様のFMレーザ光の強度変調成分と強度ゆらぎと、ローカルレーザ光の強度変調成分と強度ゆらぎを相殺する効果を合わせて得ることができる。

【0053】図13は、図9に示すAM/FMコンバータ11Kの他の実施形態を示す図である。図13に示すAM/FMコンバータ11Hは、AM映像入力信号にパイロット信号を重畳した電気信号でFMレーザ111-1を変調する。FMレーザ111-1から出力される光周波数変調信号光は光分岐器11C-1で2分岐され、一方が光強度変調器11C-6に入力され、もう一方がPD11C-2に入力されて電気信号に変換され、さらに振幅調整器11C-3、遅延時間調整器11C-4、及び位相反転器11C-5を介して光強度変調器11C-6に逆相で入力される。光強度変調器11C-6に入力された光信号を位相反転器11C-5から出力される電気信号によって強度変調することによって、光強度変調器11C-6の出力光におけるAM変調成分が相殺される。この光強度変調器11C-6の出力光を光ヘテロダイン検波した検波出力(D)を2分岐して、2つのバンドパスフィルタ11E-1及び11E-2に入力し、FM信号変調成分(E)とパイロット信号(F)に分離する。そして、分離したこれら2つの電気信号を周波数混合器11E-3によって周波数混合し、光周波数変調信号光と局部発振光の光周波数のゆらぎを相殺する。図13に示す実施形態によれば、パイロット信号を用いることによるゆらぎ成分の除去効果と、図8に示した実施形態と同様のAM変調成分やFMレーザの強度ゆらぎを相殺する効果を合わせて得ることができる。

【0054】なお、上述した本発明の各実施形態は、上記の形態に限られることなく、例えば、他の実施形態として、図9に示すAM/FMコンバータ11Kに換えて、図7に示すAM/FMコンバータ11Dの光電変換器112-3の出力にさらに図11~13に示すようなバンドパスフィルタ11E-1及び11E-2と周波数混合器11E-3を追加する構成を用いること等が可能である。

【0055】次に、図15(a)及び図15(b)を参照して、本

発明による光信号伝送装置の他の実施形態を説明する。図15(a)に示す光信号伝送装置102は、SLT1Jの前段に設けられているプリディストーション回路6と、SLT1Jと、光伝送路2と、減衰器7と、ONU3Jと、テレビ受像機4から構成されている。SLT1Jは、AM/FMコンバータ11Jと、DFBレーザ等の半導体レーザ12と、エルビウムドープファイバ増幅器等の光増幅器13から構成されている。ONU3Jは、APD等の光受光素子31と、FM復調部32Jから構成されている。なお、AM/FMコンバータ11JやFM復調部32Jは、例えば図1に示すAM/FMコンバータ11、FM復調部32のように、上述した各図を参照して説明した実施形態と同様に構成されるものである。図15(a)に示す光信号伝送装置102では、プリディストーション回路6において後段の回路で歪み補償したい歪みの量と同量の歪みをあらかじめ逆位相で合成することによって歪みの相殺を行う。プリディストーション回路6は広帯域なFM信号に対して動作するのではなく、AM映像信号の周波数帯域、例えば、90MHzから280MHzで動作すれば良く、また、FET増幅器などで構成することができる。

【0056】図15(b)はプリディストーション回路6の一例構成例を示すブロック図である。図15(b)に示すプリディストーション回路6は、分岐器61、歪み発生回路62、可変アッテネータ63、可変遅延線64、及び合波器65から構成されている。入力された多チャンネルAM映像信号は、分岐器61で2分岐されて、合波器65の非反転入力と、歪み発生回路62へ入力される。歪み発生回路62は入力信号に対して所定の歪みを与え、さらに可変アッテネータ63と可変遅延線64は信号の強度と位相を調整する。そして、可変遅延線64から出力された信号は、合波器65の反転入力に入力され、分岐器61で分岐されたもう一方の信号と合波される。

【0057】上述したプリディストーション回路6によって得られる作用は、AM/FMコンバータ11Jで生じる歪みを補償することである。ただし、プリディストーション回路6が入力信号に与える歪みを変化させることによって、さらにONU3JのFM復調部32Jで生じる歪みを含めて補償することもできるし、さらに光ファイバ伝送路2によって生じる歪みまでを含めて補償することも可能である。なお、AM/FMコンバータ11Jで生じる歪みの要因としては、FMレーザの入力電流対出力光周波数特性の動特性における非線形性が考えられる。また、AM/FMコンバータ11Jにおいて用いている電気増幅器の群遅延偏差が他の要因として考えられる。一方、ONU3J内のFM復調部32Jで生じる歪みとしては、それを構成する電気増幅器の群遅延偏差がひとつの要因であり、さらに、FM復調部32Jの入力周波数対出力電圧特性の非線形性も他の要因として考えられる。また、光ファイバ伝送路2によって生じる歪みの要因としては、伝送用光ファイバの分散がひとつの要因である。

したがって、ブリディストーション回路6において入力信号に与える歪みは、これらの要因を計算あるいは実験によってあらかじめ求め、さらに必要に応じて入力信号や温度等の他の要因に応じて適宜変化させて、それを補償するように設定、調節するようにすればよい。

【0058】なお、本実施形態は、多チャンネルAM映像信号を入力信号として説明したが、周波数分割多重された多チャンネルQAM映像信号を入力としても同様に説明できる。また、映像信号以外でも、アナログでもデジタルでも広帯域な電気信号を入力として同様に説明できる。

【0059】なお、図15(a)に示す実施形態では、SLT1Jの出力段にエルビウムドープファイバ増幅器13を設けてDFBレーザ12の出力光を増幅してから出力し、減衰器7で減衰させてからONU3Jに入力しているが、増幅器や減衰器の配置や個数はこの実施形態の態様に限定される必要はない。また、適宜、省略することが可能である。

【0060】次に、本発明によるAM/FMコンバータの他の実施形態を、図16(a)及び図16(b)を参照して説明する。図16(a)及び図16(b)は、例えば、図1(b)に示すAM/FMコンバータ11の変形例としてのAM/FMコンバータのブロック図をそれぞれ示している。図16(a)及び図16(b)に示す実施形態は、AFC(Auto Frequency Controller:自動周波数制御回路)202によって電気一括FM信号の光周波数ゆらぎを低減することを特徴としている。光周波数ゆらぎは、FMレーザ111-10の発振光周波数のゆらぎとローカルレーザ112-10の発振光周波数のゆらぎから引き起こされる。ローパスフィルタ201は、PD204、FM復調部203及びAFC202を介して入力されるFM復調信号内の低周波数の光周波数のゆらぎ成分を抽出する。この場合、PD204の入力光は、空いている(PD112-3に接続されていない)光分岐器112-2の一出力端から取り出している。ローパスフィルタ201によって抽出したゆらぎ成分に応じて、FMレーザ111-1(図16(a)の場合)もしくはローカルレーザ112-10(図16(b)の場合)の光周波数を負帰還制御する。負帰還制御する方法としては、FMレーザ111-1もしくはローカルレーザ112-10への注入電流を変化させる方法、または、その温度を変化させる方法などがある。

【0061】なお、本実施形態は、多チャンネルAM映像信号を入力信号として説明したが、周波数分割多重された多チャンネルQAM映像信号を入力としても同様に説明できる。また、映像信号以外でも、アナログでもデジタルでも広帯域な電気信号を入力として同様に説明できる。図16(a)及び図16(b)に示す本実施形態によれば、一括変換したFM信号の光周波数ゆらぎによって発生する雑音を低減することができる。

【0062】なお、図15(a)及び図15(b)あるいは図16(a)及び図16(b)を参照して説明した各実施形態は、それ

らの図に示す組み合わせに限定されことなく、例えば、図17、図18、図19及び図20に示すAM/FMコンバータ11L, 11M, 11N, 及び11Oのように、図1〜図14を参照して説明した光信号伝送装置あるいはAM/FMコンバータと適宜組み合わせることが可能である。なお、図17〜図20に示す各構成要素には上述の実施形態で使用したものと同一の符号を付けて説明を省略する。

【0063】また、このほかにも、図4、図6、図7、及び図8に示すような位相の異なる信号を利用して不要強度成分を除去する構成と、図10〜図13に示すようなパイロット信号を用いて周波数ゆらぎを相殺する構成を組み合わせること、そして、それらにさらに図15(a)及び図15(b)に示すブリディストーション回路によって歪みを低減する構成を組み合わせることが可能である。また、図4、図6、図7、及び図8に示すような位相の異なる信号を利用して不要強度成分を除去する構成と、図15(a)及び図15(b)に示すブリディストーション回路によって歪みを低減する構成を組み合わせること、そして、それらにさらに図16(a)及び図16(b)に示すAFCによって光周波数ゆらぎを低減する構成を組み合わせることが可能である。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、周波数帯域を従来に比べ広帯域化でき、雑音の少ない高品質な信号伝送を可能とする変調方式変換回路及びそれを用いた光信号伝送装置を得ることができる。

【0065】さらに詳しくは、請求項1記載の発明によれば、電気信号を入力し、光周波数変調した信号光を出力する光周波数変調手段と、信号光を入力して中間周波数へ周波数変換した変調信号を出力する光ヘテロダイン検波部とを具備し、光電変換手段の入力における信号光のパワー P_{FM} と局部発振光のパワー P_{LO} との比 P_{FM}/P_{LO} の値を -8 dB 以上、 $+8\text{ dB}$ 以下とするので、従来に比べて高い伝送品質を維持することができる。

【0066】また、請求項2記載の発明によれば、光ヘテロダイン検波部から出力される変調信号を周波数復調して得られる振幅変調映像信号のCNR(搬送波対雑音比)を 42 dB 以上とするように P_{FM}/P_{LO} の値を設定するので、実用上十分な伝送品質を維持することが可能となる。

【0067】また、請求項4記載の発明によれば、電気信号を入力し、光周波数変調した信号光を出力する光周波数変調手段と、信号光を入力して中間周波数へ周波数変換した変調信号を出力する光ヘテロダイン検波部と、光周波数変調手段又は光ヘテロダイン検波部で発生する不要強度成分を除去する不要強度成分除去手段とを備えるので、光周波数変調信号光に混在するAM成分を除去でき、また、FM変調成分のスペクトルを中間周波数を中心として対称形なFM変調波にすることができる。また、光周波数変調信号光、あるいは局部発振光の振幅ゆ

らぎから生じる強度雑音を除去することができる。また、光周波数変調信号光、あるいは局部発振光の光周波数のゆらぎから生じるFM変調成分の周波数ゆらぎを除去できる。また、本発明による光伝送装置は、多チャンネル映像信号の伝送に用いて特に効果があるが、他の信号の伝送にも利用してよく、歪みや雑音の少ない高品質な信号伝送を可能とすることができる。

【0068】また、請求項3及び請求項5～8記載の発明によれば、請求項2及び請求項4に記載の発明によって得られる効果を併せた効果を奏することが可能となる。

【0069】また、請求項9記載の発明によれば、光ヘテロダイン検波部が出力する変調信号を周波数復調する周波数復調手段と、周波数復調手段が周波数復調した信号から光周波数変調手段の出力信号光の光周波数ゆらぎ又は局部発振光の光周波数ゆらぎを抽出し、その抽出結果に応じて、光周波数変調手段又は光周波数発振手段に帰還制御を加える帰還手段を備えるので、一括変換したFM信号の光周波数ゆらぎによって発生する雑音を低減することができる。

【0070】また、請求項10記載の発明によれば、光周波数変調手段へ入力する電気信号に歪みを与えるプリディストーション回路を備えるので、プリディストーション回路において他の素子や回路で発生する歪みに対応する歪みをあらかじめ加えることによって歪みの相殺し、歪みによって生じる発生する雑音を低減することができる。

【0071】また、請求項11記載の発明によれば、光周波数変調手段へ入力される電気信号にパイロット信号を重畳する合波手段と、光ヘテロダイン検波部から出力される変調信号から、合波手段へ入力される電気信号に対応する第1の成分とパイロット信号に対応する第2の成分をそれぞれ抽出し、各成分を混合して光周波数変調手段の出力信号光及び局部発振光のゆらぎに起因する雑音を除去する雑音除去手段とを備えるので、出力信号光及び局部発振光のゆらぎに起因する雑音を除去することができる。

【0072】また、請求項12～17記載の発明によれば、それぞれ、請求項1、請求項2請求項3、請求項10、請求項9、請求項11記載の発明と同様の効果を得ることのできる光信号伝送装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 図1(a)は本発明の一実施形態の光信号伝送装置の全体構成図であり、図1(b)は図1(a)に示すAM/FMコンバータ11の内部構成を示すブロック図であり、図1(c)は図1(a)に示すONU3の内部構成を示すブロック図である。

【図2】 図2(a)は図1(b)に示す光ヘテロダイン検波部112の出力として得られる電気一括FM変調成分のスペ

クトルの一例を示す図であり、図2(b)は図1(c)に示すFM復調部32によって一括して復調される復調多チャンネルAM映像信号のスペクトルを示す図である。

【図3】 図3(a)及び図3(b)は、それぞれ図1(b)に示す光電変換器112-3へ入力される信号光(FMレーザ光)のパワー P_{FM} と局部発振光(ローカルレーザ光)のパワー P_{LO} との比 P_{FM}/P_{LO} と、AM/FMコンバータ11の出力端子において変調信号をAM映像信号に復調したときのCNRの関係を示す図である。

【図4】 本発明によるAM/FMコンバータの他の実施形態を示すブロック図である。

【図5】 図5(a)及び図5(b)は、図4に示す光電変換器112-3へ入力される信号光(FMレーザ光)のパワー P_{FM} とローカルレーザ光のパワー P_{LO} との比 P_{FM}/P_{LO} と、同相合成器11B-4の出力端子において電気一括変換FM信号を復調したときのAM映像信号の複合2次歪み(CSO)及び複合3次歪み(CTB)の関係を破線で示す図であり、各図にはあわせて実線で図1(b)に示すAM/FMコンバータ11の特性を示している。

【図6】 本発明によるAM/FMコンバータの他の実施形態を示すブロック図である。

【図7】 本発明によるAM/FMコンバータの他の実施形態を示すブロック図である。

【図8】 本発明によるAM/FMコンバータの他の実施形態を示すブロック図である。

【図9】 本発明の一実施形態の光信号伝送装置の全体構成を示すブロック図である。

【図10】 図9に示すAM/FMコンバータ11Kの内部構成を示すブロック図である。

【図11】 図9に示すAM/FMコンバータ11Kの他の実施形態を示すブロック図である。

【図12】 図9に示すAM/FMコンバータ11Kの他の実施形態を示すブロック図である。

【図13】 図9に示すAM/FMコンバータ11Kの他の実施形態を示すブロック図である。

【図14】 図10～図13に示すAM/FMコンバータの各構成例の各部(A)から(G)におけるスペクトルを示す図である。

【図15】 図15(a)は、本発明による光信号伝送装置の他の実施形態を示すブロック図、図15(b)は図15(a)に示すプリディストーション回路6の構成例を示すブロック図である。

【図16】 図16(a)及び図16(b)はそれぞれ図1に示すAM/FMコンバータ11の変形例を示すブロック図である。

【図17】 本発明による各実施形態の組み合わせ例を示すブロック図である。

【図18】 本発明による各実施形態の組み合わせ例を示すブロック図である。

【図19】 本発明による各実施形態の組み合わせ例を

示すブロック図である。

【図20】 本発明による各実施形態の組み合わせ例を示すブロック図である。

【符号の説明】

- 1 S L T
- 2 光伝送路
- 3 O N U
- 4 T V受像機
- 5 合波器
- 6 プリディストーション回路
- 11 A M / F Mコンバータ
- 12 D F Bレーザ
- 31 A P D (光電変換器)
- 32 F M復調部
- 111 光周波数変調部
- 111-1 F Mレーザ
- 112 光ヘテロダイン検波部
- 112-1 光周波数局部発振器
- 112-2 光合波器

* 112-10 ローカルレーザ

112-3 光電変換器

11B-1 差動分配器

11B-2 振幅調整器

11B-3 遅延時間調整器

11B-4 同相合成器

112C-3 光電変換器 (バランズドレシーバ構成)

11C-6 光強度変調器

11C-1 光分岐器

10 11C-2 P D

11C-3 振幅調整器

11C-4 遅延時間調整器

11C-5 位相反転器

11E-1, 11E-2 バンドパスフィルタ

11E-3 周波数混合器

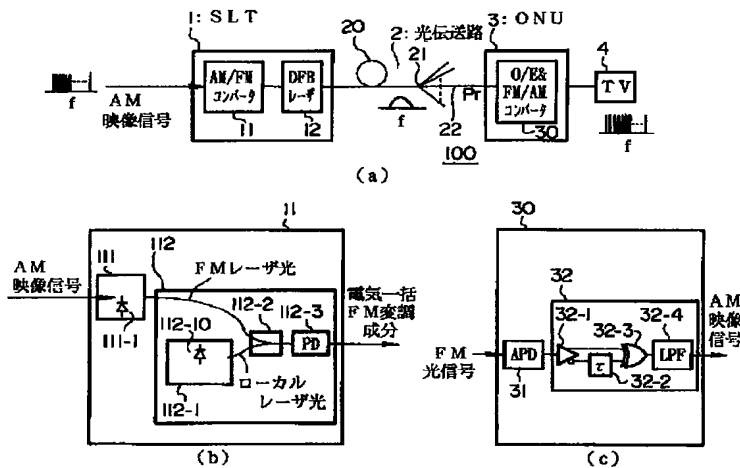
201 ローパスフィルタ (L P F)

202 A F C

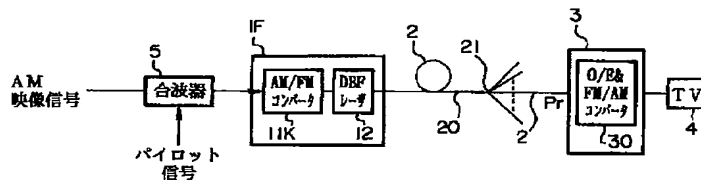
203 F M復調部 (周波数復調部)

*

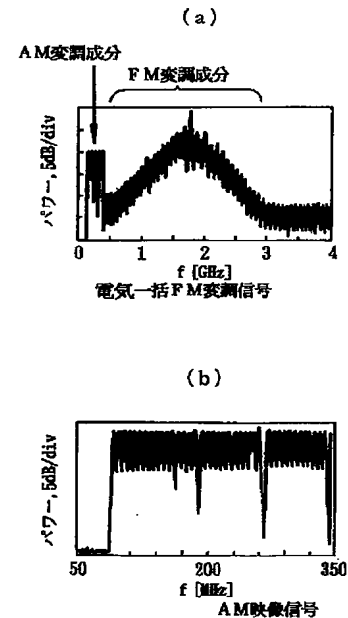
【図1】



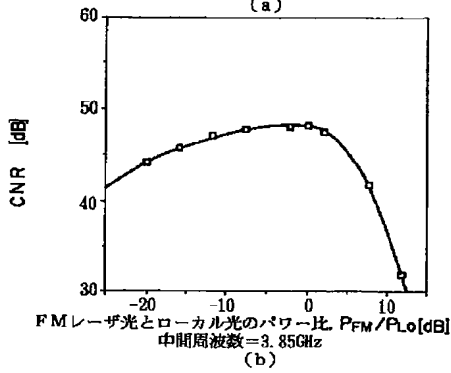
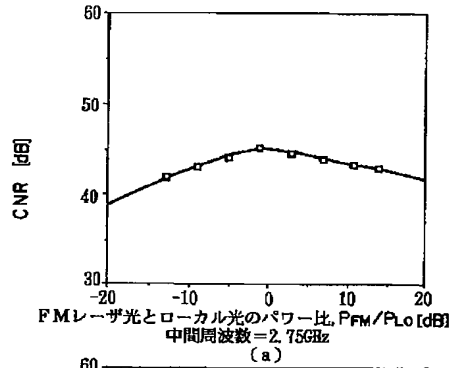
【図9】



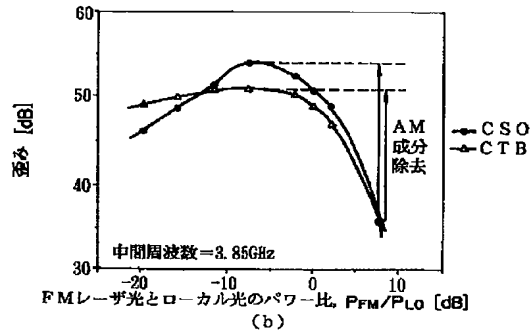
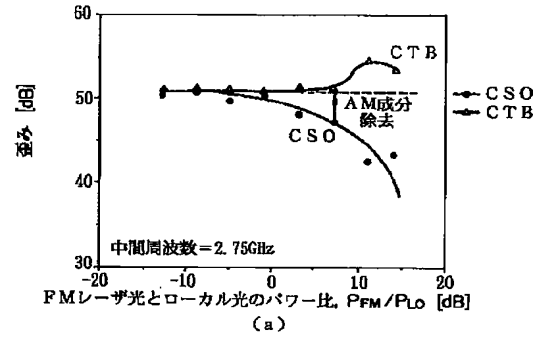
【図2】



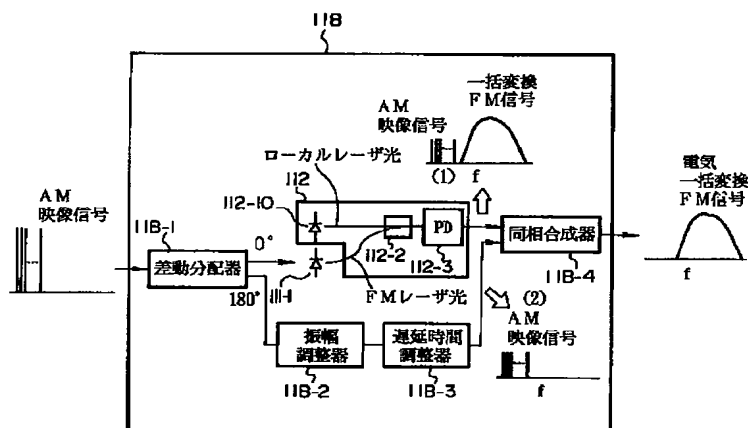
【図3】



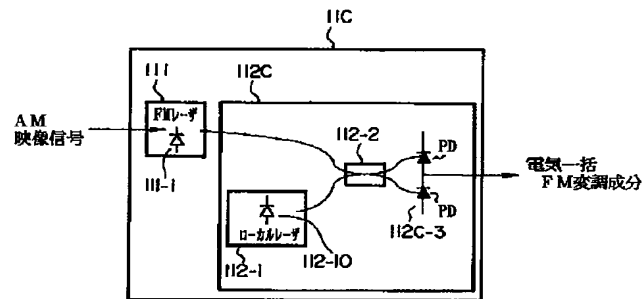
【図5】



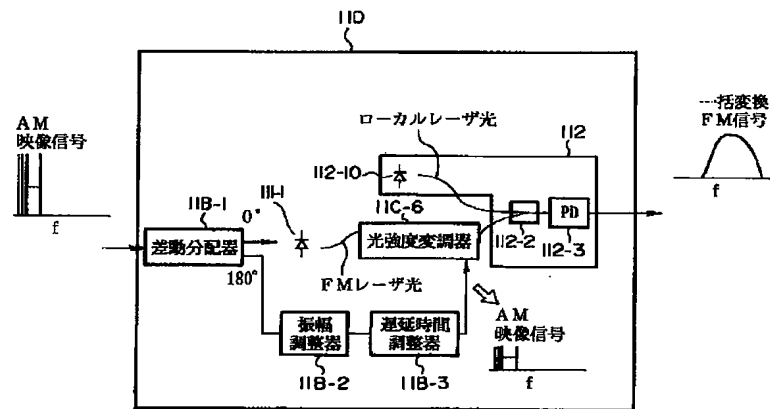
【図4】



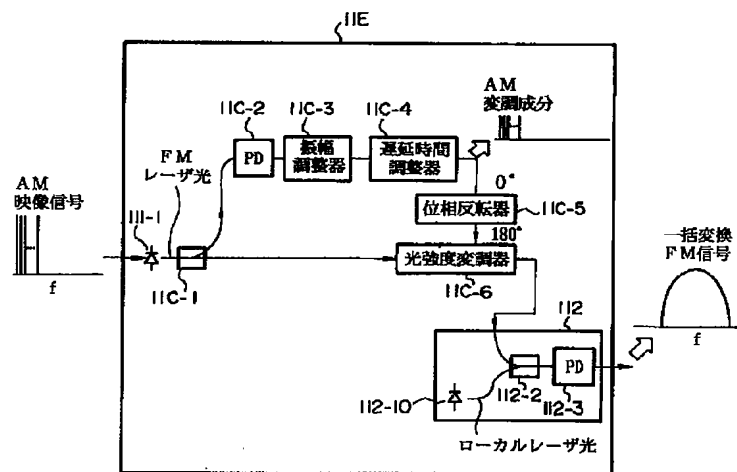
【図6】



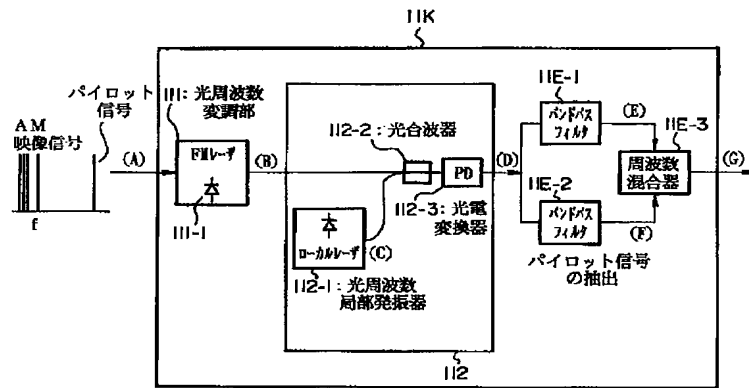
【図7】



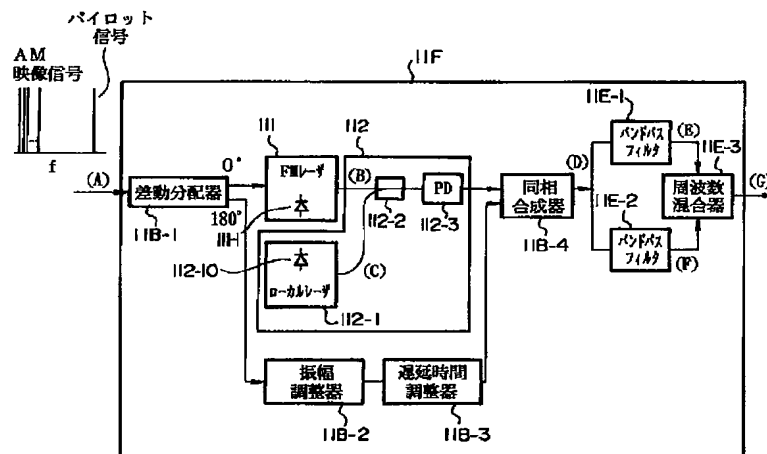
【図8】



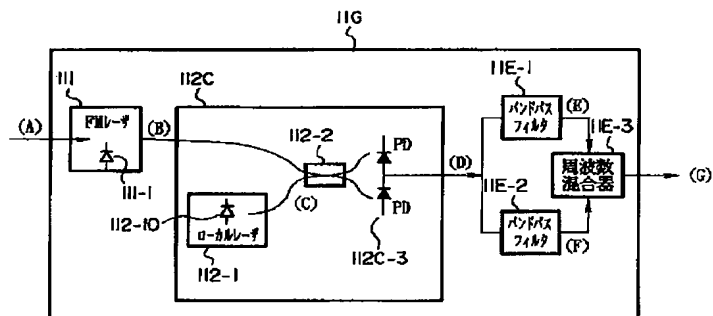
【図10】



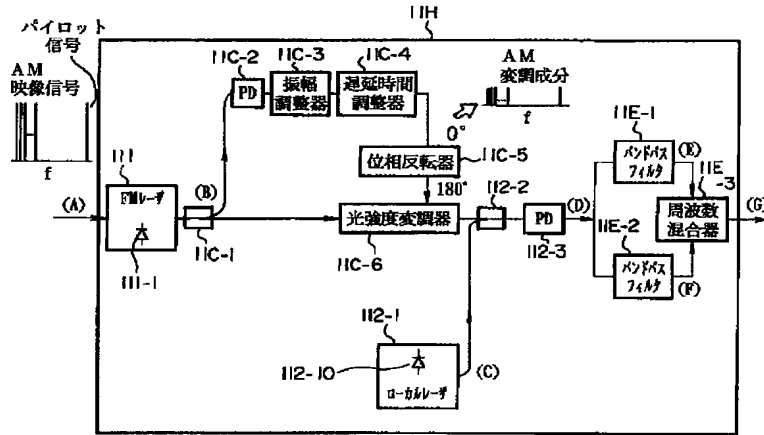
【図11】



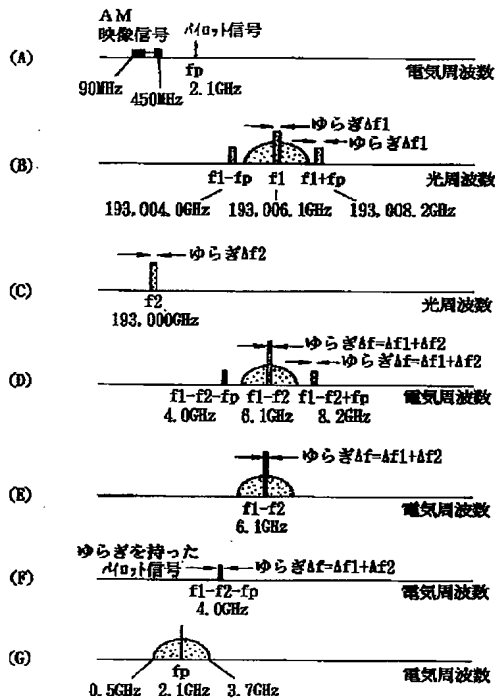
【図12】



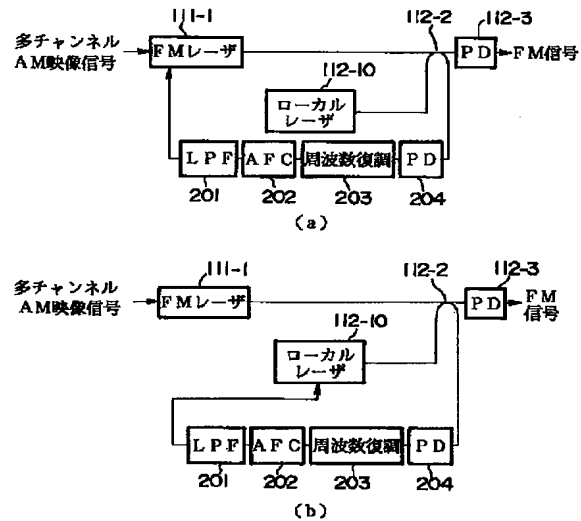
【図13】



【図14】



【図16】



多チャンネルAM映像信号

変調回路 6

AM/FMコンバータ 11J

DBF回路 12

EDFA 13

2

$P_{out} = +15\text{dBm}$

ATT 7

Pr dBm

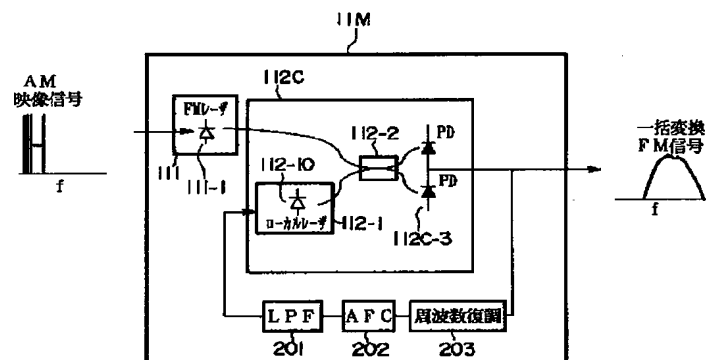
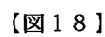
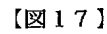
APD 31

FM復調部 32J

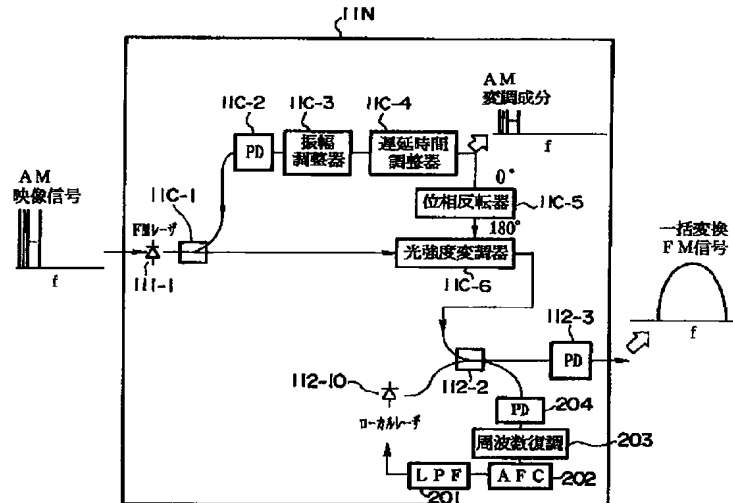
4

TV

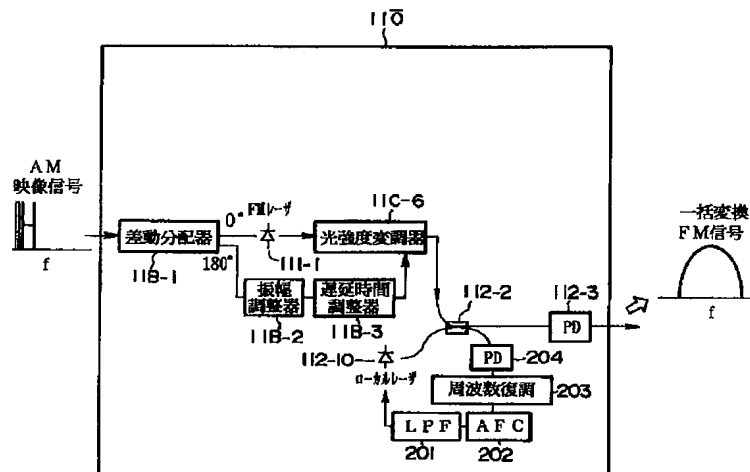
102
(a)



【図19】



【図20】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁵

H04B 10/18

H04N 7/22

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所

(72)発明者 桜井 尚也

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 雲崎 清美

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(20)

特開平9-326769

(72)発明者 柴田 宣
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内